

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO
HOMOGENIZACI JEMNOZRNNÉHO GRANULÁTU**

DESIGN OF A BLENDER FOR THE HOMOGENIZATION OF A FINE-GRAINED GRANULATE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Daňhel

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dominik Hermanský

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. Jan Daňhel
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Dominik Hermanský
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukční návrh zařízení pro homogenizaci jemnozrnného granulátu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zařízení pro homogenizaci (homogenizátor) jemnozrnných granulátů slouží k dokonalé homogenizaci granulátu ve farmaceutickém a chemickém průmyslu. Úkolem studenta bude provést potřebné konstrukční výpočty nezbytné pro návrh zařízení. Nedílnou součástí práce bude vytvoření CAD modelu a základní výkresové dokumentace.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše v oblasti homogenizačních zařízení.
Na základě zvolených parametrů – konstrukce homogenizátoru.
Výpočtová část, 3D CAD model, výkres celkové sestavy.
Doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. Základy konstruování. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-921-9.

MEDEK, Jaroslav. Mechanické pochody. Vyd. 3. přeprac. Brno: PC-DIR, 1998. ISBN 80-214-1264-X.

BABINEC, František a Petr SCHNEIDER. Konstrukce výrobních zařízení. 2., přeprac. vyd. Brno: Nakladatelství VUT, 1992.

JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK. Expertní inženýrství v systémovém pojetí. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4127-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se věnuje konstrukci dvoukuželového mísiče pro využití ve farmaceutickém, chemickém, či potravinářském průmyslu. V první části se věnuje procesu mísení a poté konstrukčním provedení mísičů. Jsou zde i doporučení pro volbu vhodného mísiče pro danou aplikaci. Druhá část se týká konstrukci dvoukuželového mísiče a základním pevnostním výpočtům jeho částí.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with construction of double cone blender for use in the pharmaceutical, chemical and food industries. There is described a process of blending and possibilities of constructing the blenders in the first part. There are also recommendations for choosing the right blender for the application. Second part is devoted to construction of double cone blender and basic strength calculations of its parts.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mísení, dvoukuželový mísič, mísiče,

KEYWORDS

Blending, double cone blender, blenders

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DAŇHEL, Jan. *Konstrukční návrh zařízení pro homogenizaci jemnozrnného granulátu*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116707>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Dominik Hermanský.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu své práce Ing. Dominiku Hermanskému za cenné rady a postřehy při vedení mé bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Dominika Hermanského a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.05.2019

.....

Jan Daňhel

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	REŠERŠE.....	13
2.1	Mísení partikulárních materiálů.....	13
2.1.1	Partikulární látky	13
2.1.2	Mísení	13
2.2	Kritéria pro vhodnou volbu mísiče	14
2.3	Typy mísičů	16
2.3.1	Periodické a kontinuální mísiče.....	16
2.3.2	Pneumatické mísiče	16
2.3.3	Řízené skládkování.....	16
2.4	Konstrukční řešení mísičů	17
2.4.1	Mísiče s rotující komorou.....	17
2.4.2	Mísiče s pevnou komorou.....	23
3	KONSTRUKČNÍ NÁVRH	29
3.1	Nádoba	29
3.2	Volba motoru a převodovky	32
3.3	Řemenový převod	36
3.4	Hřídele	39
3.4.1	Uvolnění a výpočet sil působících v ložiskách.....	39
3.4.2	Návrh hřídele a její kontrola vůči meznímu stavům.....	40
3.5	Ložiska.....	44
3.6	Rám.....	44
3.7	Ovládání.....	45
3.8	Montáž	46
4	ZÁVĚR.....	47
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	49
6	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	53
7	SEZNAM PŘÍLOH	55

1 ÚVOD

Cílem této práce je navrhnout dvoukuželový mísič, jenž zvládne promísit materiál o hmotnosti 150 kg a hustotě $350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Materiály, z kterých bude vyroben, volit tak, aby bylo možné ho využít ve farmaceutickém či potravinářském průmyslu.

První část práce je rešeršní. V první kapitole se věnuji samotnému procesu mísení a jsou zde zmíněny jeho typy. V další kapitole jsou zmíněna kritéria, podle kterých volit typ mísiče pro danou aplikaci. Následuje kapitola o jednotlivých typech mísičů. Poslední část rešerše se věnuje popisu různých konstrukčních řešení mísičů, které využívají mechanického způsobu mísení. Jsou rozděleny na mísiče s rotující nádobou a mísiče s pevnou nádobou.

Druhá část práce se věnuje konstrukci dvoukuželového mísiče. Začíná výpočtem objemu nádoby a volbou jejich rozměrů. Dále se zabývá volbou motoru určeného pro pohon nádoby a volbou šnekové převodovky. Další kapitola se týká výpočtů parametrů řemenového převodu, volby řemene a řemenic. Následuje výpočet sil, které působí na ložiska, a návrh hřídele a její kontrola vůči mezního stavu pružnosti a únavy. Nakonec se věnuji ložiskovým jednotkám použitých v této konstrukci, rámu konstrukce a ovládání stroje.

Výstupem této práce je také 3D model dvoukuželového mísiče a výkres mísiče.

2 REŠERŠE

2.1 Mísení partikulárních materiálů

2.1.1 Partikulární látky

Partikulární látky se skládají s dotýkajících částic pevné fáze. Mezi částicemi jsou mezery, které jsou vyplněny plynem či kapalinou.

Sypný úhel

Sypeme-li partikulární látku na vodorovnou podložku, začne se vytvářet sypný kužel, jenž svírá s vodorovnou podložkou úhel, jenž se nazývá sypným. Protože ve skutečnosti nemá partikulární látka v celém svém objemu stejné vlastnosti, pohybuje se hodnota sypného úhlu v určitém intervalu. Zavádí se také dynamický sypný úhel, který svírá vytvořený sypný kužel s vodorovnou podložkou při dopravě například pásovým dopravníkem. Dynamický sypný úhel je vždy menší než sypný úhel, který svírá sypný kužel s vodorovnou podložkou v klidu. [1]

2.1.2 Mísení

Účelem mísení je dosažení dokonalého a homogenního promísení dvou a více materiálů, získání ideálního povrchu reagujících látek v celém objemu vsadky, urychlení chemických reakcí, změna fyzikálního stavu (např. rekrytalizace, sušení), či získání plastických hmot.

Oproti míchání kapalin nedojde k samovolnému promísení partikulárních částic vlivem molekulární difuze a je zapotřebí vnější síly, aby došlo k promísení.

Při mísení či po něm probíhá proces zvaný segregace, který působí proti mechanismu mísení a může promísenou vsadku znehodnotit. Například při vertikálních vibracích dochází k vzestupu hmotnějších částic, díky své větší kinetické energii. Uvolněné místo bývá ihned obsazeno jemnějšími částicemi. Větší částice se už pak sama nedostane dopředu. Tento jev je typický u pásových dopravníků při přechodu přes vodící válec. Při konstrukci mísiče je třeba brát na segregaci ohled. [1]

Stupeň promísení

Při mísení partikulárních materiálů nelze dosáhnout ideálního promísení, kdy by v různých místech odběru vzorku bylo složení vsadky stejné. Pro posouzení mísení se zavádí stupeň promísení,

$$S_p = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

$$X_i = \frac{C_i}{C_o} \text{ pro } C_i < C_o \text{ nebo } X_i = \frac{100 - C_i}{C_o} \text{ pro } C_o < C_i \quad (2)$$

kde X_i je stupeň promísení v jednotlivých vzorcích, C_i je koncentrace v jednotlivých vzorcích, které byly odebrány a C_0 je ideální koncentrace, která je daná poměrem jednotlivých složek. Pokud by byl stupeň promísení roven 75 %, pak to znamená, že v kterémkoliv odebraném vzorku můžeme očekávat složení vsadky ze 75 % složky A a 25 % složky B. Pro technickou praxi je dostačující dosáhnout stupně promísení v rozmezí 90 až 95 %. Hodnoty 100 % nelze reálně dosáhnout.

Stupeň promísení je ovlivňován celou řadou faktorů, jenž působí současně a je těžké je samostatně analyzovat. Mezi ty to faktory patří velikost částic, jejich hustota a tvar, dále vlastnosti povrchu částic či elektrostatický náboj. Při mísení je potřeba se vyhnout velkému rozdělení velikostí částic, jelikož částice různých velikostí mají tendenci k segregaci. Pro snížení vlivu segregace na mísení je vhodné před mísením jednotlivé komponenty upravit.

Pro kvalitativní posouzení, zdali je vůbec jednotlivé komponenty promísit, lze použít některý z empirických vztahu například

$$R = 0,97 \frac{k_1 x_2}{k_2 x_1} \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{2,14} \quad (3)$$

$$k = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad (4)$$

kde k je součinitel bočního napětí, φ je úhel vnitřního tření, x velikost částic a Q hustota částic. R se má pohybovat v intervalu 0,75 až 1,5. [1]

Základní mechanismy mísení

Při mísení se uplatňuje několik mechanismů mísení, které je vhodné sledovat odděleně, ale v reálném zařízení probíhají současně. Patří mezi ně:

- Smykové mísení – vznik po sobě klouzajících ploch v celé vsadce
- Difúzní mísení – změna polohy jednotlivých částic mezi sebou
- Konvekční mísení – přesun částic z jedné pozice v mísiči do jiné
- Mísení náhodnými srážkami – promísení pomocí náhodných srážek částic mezi sebou či o stěnu nádoby
- Mísení rozměňováním – deformace a roztírání dávek vsadky

2.2 Kritéria pro vhodnou volbu mísiče

Stupeň promísení

Na začátku je potřeba si ujasnit, jaký stupeň promísení požadují pro danou aplikaci směsi. Vyšší stupeň promísení zvýší celkové náklady operace, a to jak provozní, tak investiční, jelikož je potřeba koupit dražší zařízení. Například krmivová směs bude vyžadovat nižší stupeň promísení, než směs určená pro výrobu léku.

Příkon zařízení

Při výběru není až tak důležitý, ale pokud několik mísičů splňuje ostatní podmínky, volí z ekonomických důvodů ten, který má nižší příkon. Při posuzování se bere ohled na rozběhový příkon, jenž může být několikanásobně vyšší než provozní.

Doba mísení

Pokud je mísič součástí technologické linky, musí být doba mísení volena tak, aby nebyla omezující například pro kapacitu linky. Pro uspokojivé promísení směsi bývá doba mísení kratší než 15 minut. Dá se ovlivnit nejen výběrem typu mísiče, ale i velikostí pracovního objemu.

Opotřebení funkčních ploch

Opotřebení je závislé na charakteru mísení a tvrdosti částic vsadky. Pokud se vsadka skládá ze silně abrazivních materiálů, například písek či brusná zrna, pak není doporučeno používat mísiče, v kterých při mísení jsou velké síly mezi vsadkou a částmi mísiče. Mezi takové patří mísiče s pohyblivým mísícím ústrojím. Je vhodnější použít mísiče s rotující komorou. Pokud však nemůžeme mísič s rotující komorou použít, je nutné opatřit vnitřní části mísiče vrstvou, která je odolná proti opotřebení.

Čištění zařízení

Je-li mísič používán pro mísení různých vsadek, je potřeba mezi procesy vyčistit, aby nedošlo ke znečištění vsadky při následném mísení. Nejlépe se čistí bubnové mísiče, které neobsahují těžko dostupné části.

Prašnost

Při mísení se často vytváří prach, jenž pak může unikat do okolí a dochází ke ztrátám materiálů. Také to může zabránit promísení na požadovaný stupeň promísení, v důsledku ztráty materiálu. Pokud tedy mísíme materiál, který má velkou tendenci k prášení, je vhodné tomu předcházet vhodným způsobem:

- Tabletováním nejprašnější složky – tableta se během mísení rozdrťí, ale nestihne se rozprášit
- Přidáním malého množství vody s přísadou povrchově aktivních látek, která usnadňuje její pronikání do vnitřních částí vsadky
- U kontinuálních mísičů se nainstalují ve výsypném a násypném prostoru lapače prachu

Všeobecná doporučení

Každé zařízení by mělo splňovat tyto dále uvedené podmínky:

- Ochrana před vnitřním výbuchem
- Větrání
- Opatření proti vibracím
- Správné řešení mezioperační dopravy

2.3 Typy mísičů

Mísiče se dělí na tyto skupiny:

- Periodická zařízení
- Kontinuální mísicí zařízení
- Pneumatické mísiče
- Řízené skládkování

2.3.1 Periodické a kontinuální mísiče

Pracují především na mechanických principech.

Kontinuální mísiče je dobré využívat pro homogenizaci silně segregujících materiálů nebo tam, kde je potřeba dodržet přesnou koncentraci směsi (výroba polévkových kostek, léky). Složení záleží na přesnosti dávkování jednotlivých složek a kvůli nepřesnému dávkování většinou vznikají problémy. Kontinuální mísiče mají tyto výhody:

- Vhodné pro segregující materiály
- V technologických linkách není potřeba mít mezisklady
- Menší požadavky na obsluhu
- Menší zastavěný prostor
- Při mísení zároveň dochází i k dopravě materiálu

Mají ale taky několik nevýhod:

- Větší investiční náklady, hlavně na přesné dávkování komponent
- Většinou jednoúčelová zařízení
- Jednotlivé komponenty musí být zastoupeny ve stejných množstvích pro dobré promísení směsi
- Nevhodné pro mísení stopových prvků
- Potřeba kvalifikovanější obsluhy [1]

2.3.2 Pneumatické mísiče

Využívají se především k homogenizaci skladovacích zásobníků. Aby došlo k dobrému promísení, je potřeba pomocí tlakového vzduchu dosáhnout v zásobníku zfluidizování materiálu. Vzduch je přiváděn do spodní části zásobníku. Toto mísení je vhodné pro mísení jemných částic. Pro promísení větších částic je vhodné použít centrální trubky, které přepravují materiál pneumaticky nahoru, kde pak přepadává. [1]

2.3.3 Řízené skládkování

Materiál se skladuje buď na volných plochách či v zásobnících. Při vhodném založení volných skládek a vhodným odběrem materiálu lze dosáhnout určitého hrubého smísení. Zakladač by se měl při zakládání skládky pohybovat, aby nedošlo k samotřídění na sypné šikmé ploše. V zásobnících lze dosáhnout hrubého promísení vhodným dávkováním materiálu, nebo přepravováním materiálu mezi zásobníky. [1]

2.4 Konstrukční řešení mísičů

2.4.1 Mísiče s rotující komorou

Materiál je umístěn do rotující komory, a v důsledku přesýpání materiálu v komoře dochází k jeho homogenizaci. Tento způsob mísení není komplikovaný.

Bubnové mísiče

Je to nejrozšířenější typ mísiče v průmyslu kvůli jeho jednoduchosti konstrukce. Slouží pro mísení jak malých objemů (řádově několik dm^3), tak i pro objemy velké (řádově několik m^3). Mezi jeho přednosti patří malá spotřeba energie, snadná manipulace s materiálem při plnění či vyprazdňování bubnu a čištění bubnu. Mají také nízké pořizovací a provozní náklady. Vhodný je pro mísení suchých malých materiálů s malým počátečním smykovým napětím. Nelze je použít pro kontinuální mísení. Existuje dva typy bubnových mísičů podle polohy osy rotace vůči ose bubnu – vodorovný či šikmý. [2]

Buben se plní do 30 až 50 % a poté je uveden do rotačního pohybu. Rychlost rotace musí být tak velká, aby odstředivá síla vynesla mísený materiál maximálně do úvratě a nedošlo k jeho přilnutí ke stěně. Pokud je mísič určen k mísení soudržného materiálu, ve kterém dochází k hrudkování, je buben opatřen lopatkami. Může být i zkonstruován tak, že nádoba je odnímatelná a pak může sloužit k přepravě vsadky. [3]



Obrázek 1 Bubnový mísič



Obrázek 2 Bubnový mísič s odnímatelným bubnem vyráběný firmou Kovymont [4]

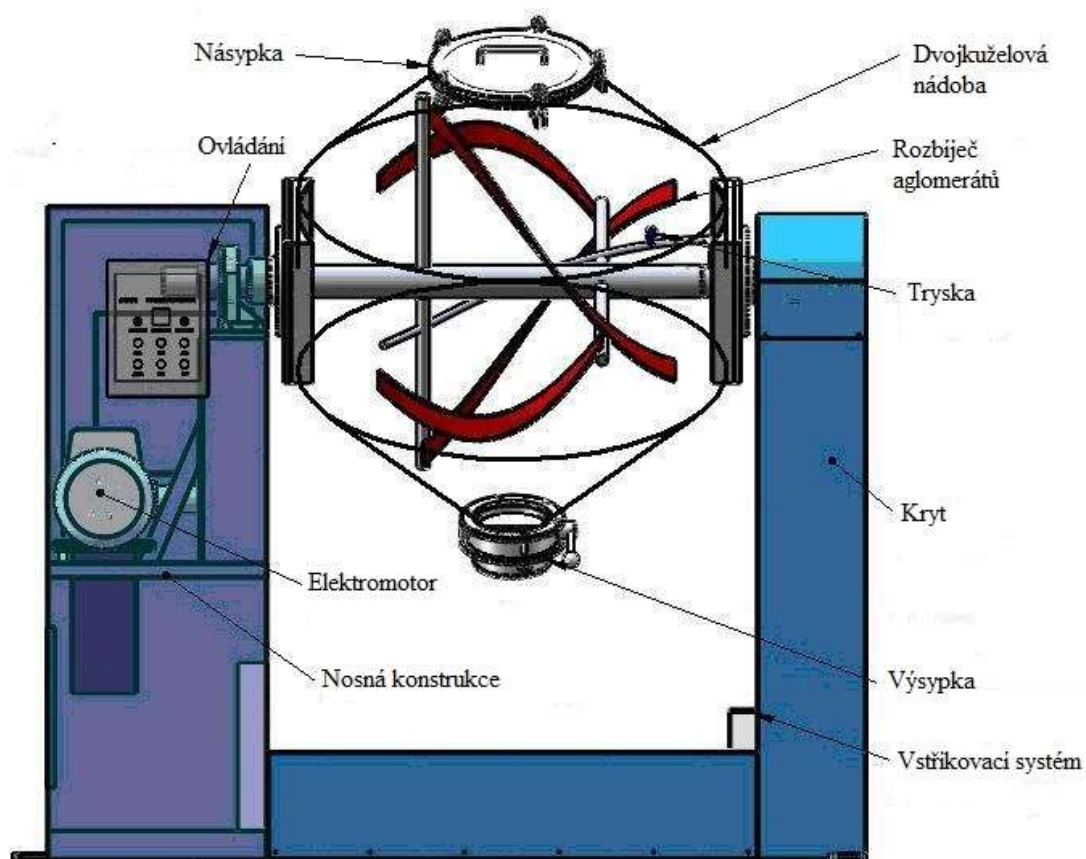
Dvoukuželový mísič

Rotující nádoba má dvoukužele. Skála se ze tří částí, kdy krajní jsou kuželové a přechod mezi nimi tvoří válec.

Při zapnutí se nádoba mísiče otáčí kolem vodorovné osy a dochází přesunu materiálu z jednoho kužele do druhého. Jelikož při průchodu kuželem, částice prochází průřezy s proměnným průměrem. Díky tomu dochází k pohybu částic vůči sobě a dochází k difuznímu mísení. Pro dosažení dobrého průtoku je dobré plnit mísič do poloviny objemu nádoby. Někteří výrobci uvádějí, že je možné plnit i do 60 % objemu nádoby, ale může to způsobit, že u osy rotace bude špatně promísená oblast. Promísení v oblasti osy rotace lze zlepšit tím, že se kuželové konce vůči sobě posunou a prostřední část je zkosená. Mísič je možné doplnit o rozbíječ aglomerátů, což je hřídel, která prochází nádobou a je doplněna o pásy. [5] [3]

Firma SAAN Engineers vyrábí nádobu ze tří částí, které jsou poté svařeny. Kuželové části jsou zkoseny pod úhlem 45°. Mísič je vybaven dvěma otvory, kdy větší slouží k naplnění nádoby a k jejímu čištění. Menší se využívá k následnému vyprázdnění. Doporučují ji plnit do 50 % až 60 % jejího objemu. Čištění nádoby je jednoduché, jelikož neobsahuje vevnitř žádná

místa, kde by se mohl granulát zachytit. Díky tomu je vhodný pro mísení směsí na léky. [6]



Obrázek 3 Schéma dvoukůžellového mísiče [7]



Obrázek 4 Dvoukuželový homogenizátor vyráběný firmou SAAN Engineers [6]



Obrázek 5 Dvoukuželový míšič s vyosenými kužely [8]

Mísič typu V

Tento mísič je účinnější než kuželový. Dvě nádoby jsou spojeny do tvaru písmene V a každá může mít různou velikost. Nádoba rotuje kolem vodorovné osy. Při rotaci dochází k rozdělování materiálu do jednotlivých komor a při následném převrácení dojde k průchodu měnícími se průřezy a jeho opětovnému spojení ve společné části. Tento typ mísiče může být také uzpůsoben ke kontinuálnímu mísení, kdy se několik nádob sériově spojí a při rotaci dochází k posunu materiálu směrem k výsypce. [2] [3]



Obrázek 6 Mísič typu V od firmy SAAN Engineers [9]



Obrázek 7 Kontinuální mísič typu V [10]

Další příklady mísičů s rotující nádobou

Provedení nádoby může mít různé podoby, než jen příklady uvedené výše.



Obrázek 9 Mísič s oktagonální nádobou vyráběný firmou SAAN Engineers [25]



Obrázek 8 Frekvenční mísič vyráběný firmou Kovymont [4]

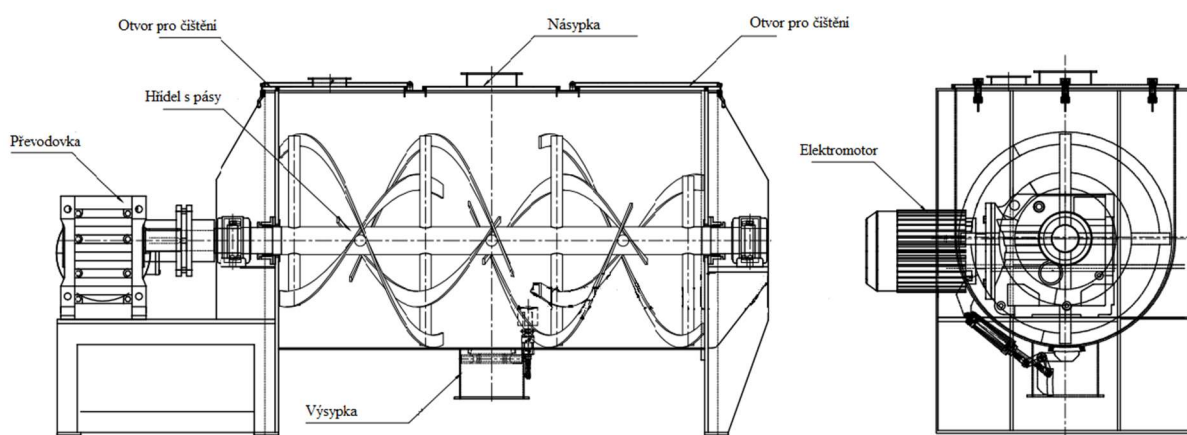
2.4.2 Mísíče s pevnou komorou

Nádoba mísíče je nepohyblivá a materiál je uváděn do pohybu pomocí zvláštního mísicího ústrojí. Jejich provedení je různé a konkrétní typ se volí podle míseného materiálu.

Pásové mísíče

Pásové mísíče jsou nejběžnější s velkým rozsahem využití v průmyslu mísíče s pevnou komorou. Má omezené využití ve farmaceutickém průmyslu, jelikož je potřeba v něm čistit spoustu ploch.

Mísíč tvoří uzavřený žlab a v něm se otáčí pásové míchadlo. Pásové míchadlo tvoří centrální hřídel, ke které jsou připojeny vnější pásy a mezi hřídelí a vnějšími pásy jsou ještě k hřídeli připojeny vnitřní pásy. Pásové míchadlo vytváří v objemu volné prostory, které se postupně zaplňují. Zároveň se po stěně žlabu díky vnějším pásům materiál posunuje ve směru otáčení a podél hřídele díky vnějším pásům se posunuje zpět a tím dochází k promíchávání. Výsypka může být umístěna ve středu žlabu, či na jeho konci. Žlab se plní do 30 % až 60 % jeho objemu. Je také ho potřeba plnit a vyprázdnit při zapnutí mísíče, jelikož jeho zapnutí při zaplněném žlabu je obtížné. Obvyklý čas mísení se pohybuje v rozmezí 3 až 12 minut. Využívají se jak pro mísení zrnků s velkou mezerovitostí tak pro vláknité substance a pasty. Hodí se jak pro periodický provoz, tak i pro kontinuální. [3]



Obrázek 10 Schéma pásového mísíče [11]



Obrázek 11 Pásový mísič dodávaný firmou BrightSail [11]

Lopatkové mísiče

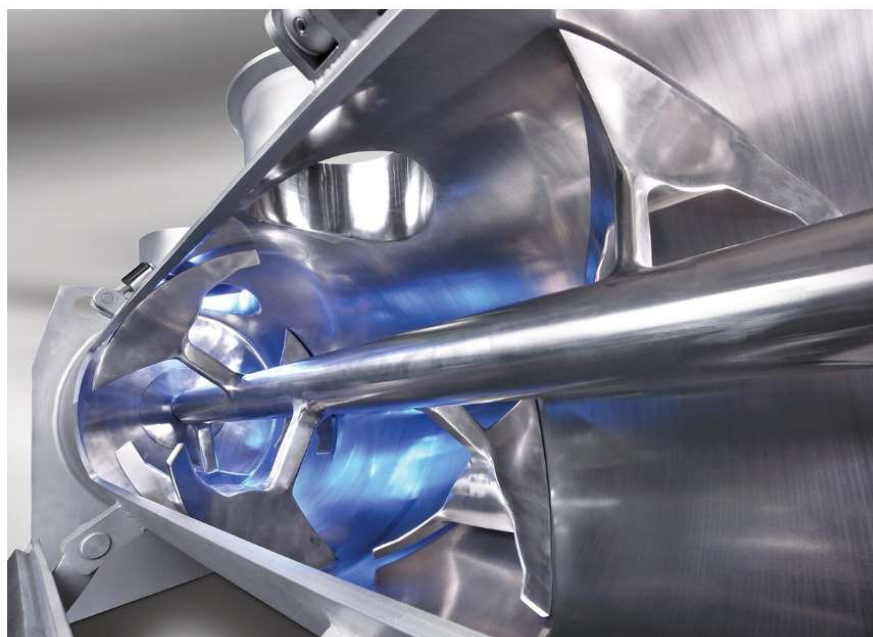
Od pásových mísičů se liší tím, že hřídel má na sobě místo pásu lopatky, které uvádějí materiál do posuvně otáčivého pohybu. Využívají se hlavně pro velmi viskózní a soudržné materiály. [2]



Obrázek 12 Lopatkový mísič [24]

Pluhové mísiče

Tyto mísiče mají větší možnosti využití, ale jsou dražší než ostatní mísiče. Čepele ve tvaru pluhů jsou připojeny k centrální hřídeli a uzavřeny ve válci. Díky válcovému tvaru nádoby může být mezi čepelemi a stěnou menší mezera. Čepele při otáčení sune materiál podél stěny a zároveň je rozhazován v obou podélných směrech. Tento mísič pracuje ve velkém rozsahu rychlostí, a tedy intenzita mísení může být nastavena pro konkrétní použití. Tento mísič je potřeba plnit a vyprazdňovat zapnutý, jelikož jeho rozběh se zaplněnou komorou je obtížný. Pro vhodné promísení je doporučeno plnit tento mísič od 30 % až 70 % objemu válce. Doba mísení se obvykle pohybuje od půl minuty až do pěti minut. [5]



Obrázek 13 Radlicový mísič [5]

Mísič Nautamix

Mísič se skládá z kuželové nádoby a šneku, který je umístěn mimo osu kužele. Dochází tu ke dvěma pohybům při mísení materiálu. První je vlastní otáčení šneku, čímž je materiál přepravován ze spodní části kužele nahoru. Tímto způsobem putuje materiál ze dna nádoby na povrch a zároveň se horní vrstvy přesouvají ke dnu. Druhým pohybem je otáčení šneku kolem osy kužele. Tím je zajištěno, že šnek zvedá materiál ze všech částí nádoby. Plní se do až 85 % objemu kuželové nádoby.



Obrázek 14 Řez mísičem Nautamix a znázornění pohybu částic v vsadce

Fluidní mísič

Pomocí rotace dvou hřídelů s lopatkami dochází ke vzniku dvou materiálových proudů, které při opětovném spojení vytvoří fluidní oblast, kde dochází k intenzivnímu mísení látky za krátký čas. Výhodami tohoto mísiče jsou:

- Vysoký stupeň promísení
- Rychlé a šetrné mísení materiálu
- Snadné a rychlé čištění
- Vysoký počet šarží za hodinu (až 12 šarží za hodinu)



Obrázek 15 Fluidní mísič od firmy Gericke [12]

3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

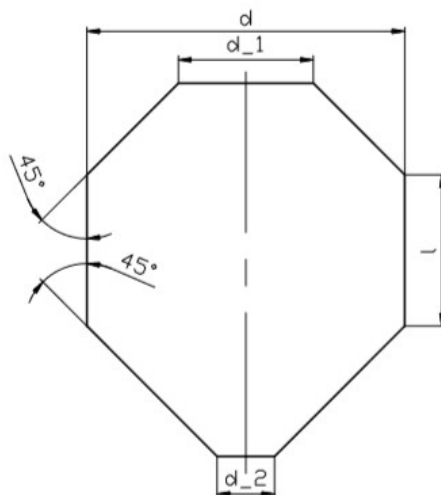
Mým úkolem bylo navrhnout dvoukuželový mísič, který bude schopen promísit granulát o hmotnosti 150 kg a hustotě 350 kg*m⁻³.

3.1 Nádoba

Pro určení rozměrů nádoby, bylo potřeba nejdříve zjistit její objem. Ten jsem spočítal ze zadaných hodnot. Zvolil jsem, že nádoba bude zaplněna ze 60 % jejího objemu.

$$V_{n\acute{a}pl\acute{n}} = \frac{m_{n\acute{a}pl\acute{n}}}{\rho_{n\acute{a}pl\acute{n}}} = \frac{150}{350} = 429 \text{ l} \quad (5)$$

$$V_{n\acute{a}doba_teoretick\acute{y}} = \frac{V_{n\acute{a}pl\acute{n}}}{pln\acute{e}n\acute{i}} = \frac{429}{0.6} = 714 \text{ l} \quad (6)$$



Obrázek 16 Schéma nádoby

Dále jsem zvolil rozměry nádoby tak, aby objem skutečné nádoby byl co nejbližší vypočtené hodnotě. Rozměr d je průměr válcové části nádoby, d₁ je průměr otvoru pro násypku, d₂ je průměr otvoru pro výsypku a l je výška válcové části nádoby. Sklon kuželů jsem zvolil 45°. Rozměry byly zvoleny následovně:

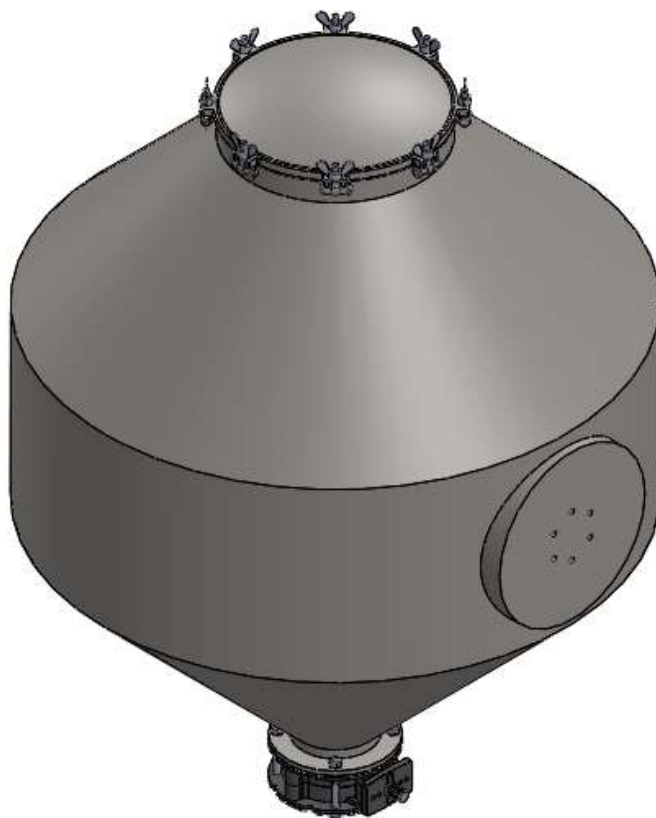
- d = 1100 mm
- l = 400 mm
- d₁ = 400 mm
- d₂ = 150 mm

$$V_{\text{nádoba}} = \frac{1}{4}\pi d^2 l + \frac{1}{12}\pi \frac{d-d_1}{2}(d^2 + dd_1 + d_1^2) + \frac{1}{12}\pi \frac{d-d_2}{2}(d^2 + dd_2 + d_2^2) = \dots = 720 \text{ l} \quad (7)$$

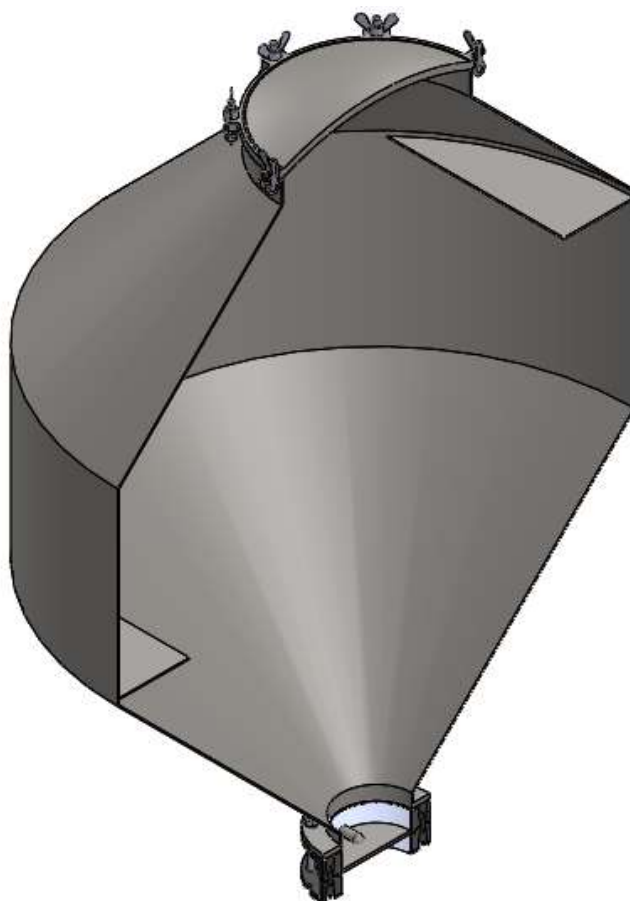
Nádoba je svařenec deseti částí. Je vyrobena z korozivzdorné oceli 1.4401. Boční plochy se závity slouží k uchycení hřídelí s ložisky. Uvnitř nádoby jsou navařeny dvě lopatky, které pomůžou v promísení materiálu.

Násypný otvor je uzavřen víkem. Víko je uchyceno k nádobě pomocí křídlatých matic a šroubů s okem, které jsou uchyceny k nádobě pomocí čepů (Obrázek 19). Při sundávání víka tedy není potřeba sundávat i matice.

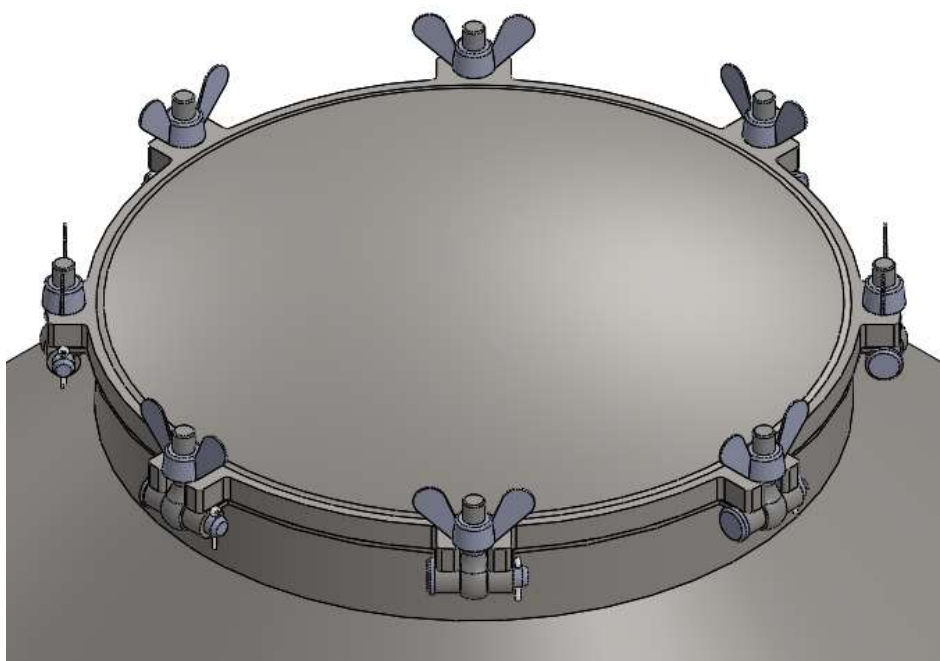
Otvor, určený pro vysypání materiálu, je uzavřen motýlovou klapkou V2FS150 AI (Obrázek 20), kterou zde distribuuje firma HAS.cz. Klapka se skládá z hliníkového těla, které je vyloženou polymerovou těsnicí vrstvou a z disku z korozivzdorné oceli 1.4301. Je možné ji vybavit ručním, elektromechanickým či pneumatickým pohonem, sloužícím k otevření nebo uzavření klapky [13].



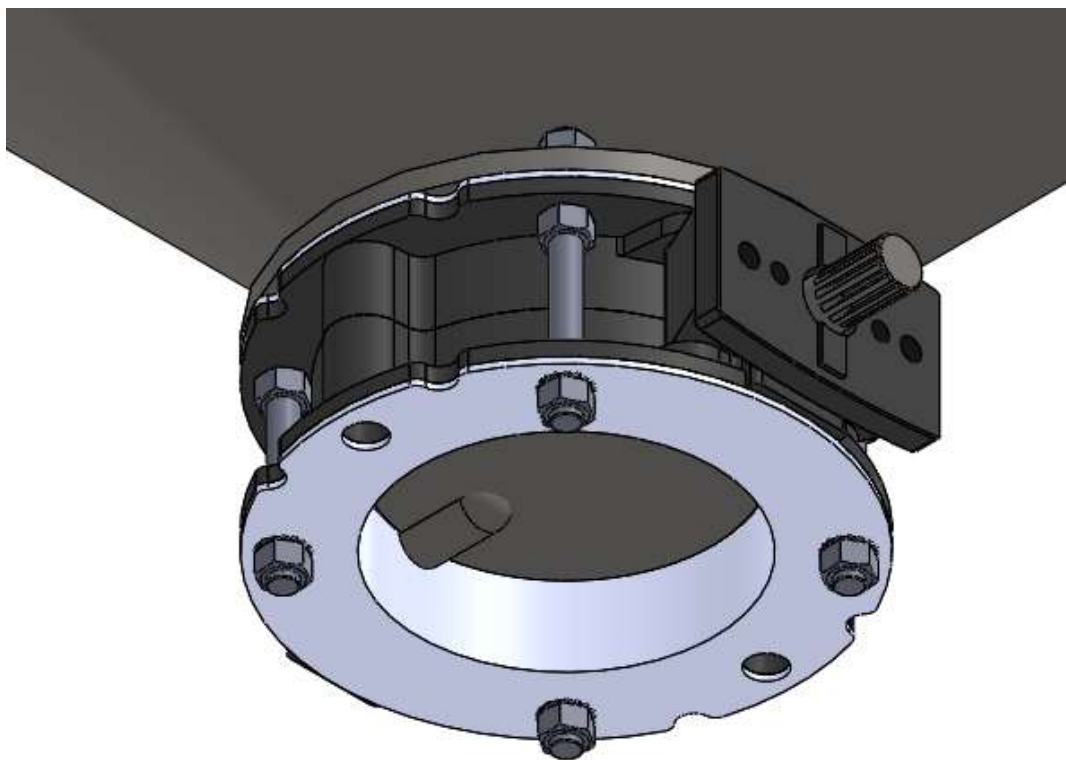
Obrázek 17 Nádoba mísiče



Obrázek 18 Řez nádobou



Obrázek 19 Viko nádoby



Obrázek 20 Motýlová klapka

3.2 Volba motoru a převodovky

Pro určení výkonu elektromotoru je nejdříve spočítat moment, který je potřeba k rozběhu zařízení.

$$M = M_{stat} + M_{dyn} \quad (8)$$

- M_{stat} je moment k překonání pasivních odporů. V našem případě se bude jednat o moment, který způsobí tíhová síla působící na nádobu s náplní, když bude nádoba pootočena o 90° . Pro zjednodušení budu místo partikulárního materiálu uvažovat tuhé těleso, tedy po otočení o 90° nedojde k tomu, že část materiálu se přesune v nádobě. Hmotnost m a polohu těžiště soustavy Y jsem zjistil pomocí programu Solidworks.
- M_{dyn} je moment potřebný k rozběhu zařízení. Zařízení se má rozběhnout na 15 otáček za minutu za jednu sekundu. Moment setrvačnosti I vzhledem k ose rotace zařízení jsem opět zjistil pomocí programu Solidworks.

$$M_{stat} = g * m * Y = 9,81 * 281 * 0,09 = 248 \text{ Nm} \quad (9)$$

$$M_{dyn} = I * \frac{2\pi * n}{t_{rozběh}} = 45,58 * \frac{2\pi * \frac{15}{60}}{1} = 72 \text{ Nm} \quad (10)$$

$$M = M_{stat} + M_{dyn} = 248 + 72 = 320 \text{ Nm} \quad (11)$$

Mezi motorem a hnanou hřídelí se nachází šneková převodovka a převod pomocí klínového řemene. Šnekovou převodovku volím proto, že potřebuji dosáhnout na hnané hřídeli velkého krouticího momentu a mísič bude mít menší celkové rozměry než při použití čelní převodovky. Oproti čelní převodovce má ale nižší účinnost. Šneková převodovka, použita v tomto mísiči, má účinnost η_s rovnou 0,72. Za převodovkou je ještě převod pomocí klínového řemene, aby zachytával a tlumil rázy vznikající v důsledku přesypávání materiálu v nádobě. Zabraňuje také přetížení pracovního stroje. Účinnost η_r tohoto převodu je 0,95.

typ zatížení	počet sepnutí za hodinu	průměrný denní provoz [hod]			
		<2	2-8	9-16	17-24
normální rozběh bez rázu, malá urychlovaná hmota (ventilátory, zubová čerpadla, montážní pásy, dopravní šneky, míchačky tekutin, plnicí a balicí stroje)	<10	0,8	1,0	1,2	1,3
rozběh s mírnými rázy, nerovnoměrný provoz, střední urychlovaná hmota (transportní pásy, výtahy, navijáky, hnětací míchací stroje, dřevoobráběcí, tiskařské a textilní stroje)	<10	1,0	1,3	1,5	1,6
	10+50	1,2	1,4	1,7	1,9
	50+100	1,3	1,6	2,0	2,1
	100+200	1,5	1,9	2,3	2,4
nerovnoměrný provoz, silné rázy, velká urychlovací hmota (míchačky betonu, sací čerpadla, kompresory, buchary, válcová stolice, přepravky pro těžké zboží, ohýbací a lisovací stroje, stroje se střídavým pohybem)	<10	1,2	1,5	1,8	2,0
	10+50	1,4	1,7	2,1	2,2
	50+100	1,6	2,0	2,3	2,5
	100+200	1,8	2,3	2,7	2,9

Obrázek 21 Tabulka provozních součinitelů [15]

Pro určení potřebného výkonu je ještě potřeba určit provozní součinitel S_m , aby mohla být garantována provozní bezpečnost při daných provozních podmínkách. Počet sepnutí za hodinu mého zařízení bude menší jak 10 a průměrný provoz bude zhruba 9 až 16 hodin. Spadá do druhé kategorie dle typu zatížení. Provozní součinitel S_m je tedy roven 1,5.

$$P_{potřebny} = \frac{2\pi * n * M * S_m}{\eta_r * \eta_s} = \frac{2\pi * \frac{15}{60} * 320 * 1,5}{0,95 * 0,72} = 1,10 \text{ kW} \quad (12)$$

Standardní motory SIMOTICS GP/SD

Motory s vysokou účinností (Premium Efficiency) IE3

IE3

Motory s vlastním chlazením - Hliníková řada 1LE1003

Volba a objednávání

Provozní hodnoty při jmenovitém výkonu															Hliníková řada 1LE1003 provedení IE3 podle ČSN EN 60034-30-1			m_{MB3}	J	Momentová třída	
P_N	P_N	Velikost	n_N	M_N	IE třída		η_N	η_N	η_N	$\cos \varphi_N$	I_N	M_A/I_N	I_A/I_N	M_K/I_N	$L_{p\%}$	L_{WA}					
50 Hz/ P50	60 Hz/ P60 ¹⁾		50 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz					
							4/4	3/4	2/4	4/4	400 V										
kW	kW		min ⁻¹	Nm			%	%	%		A										
• Chlazení: vlastní chlazení (IC 411), resp. se zkráceným označením F90 cizí chlazení bez vnějšího ventilátoru a krytu ventilátoru (IC 418)																					
• Účinnost: vysoká účinnost IE3 (Premium Efficiency), servisní faktor (SF) 1,15																					
• Izolační systém: tepelná třída 155 (F), využití na tepelnou třídu 130 (B), ochrana krytem IP55																					
4-pólové: 1500 min ⁻¹ při 50 Hz, 1800 min ⁻¹ při 60 Hz ¹⁾																					
0,55	0,63	80 M	1440	3,6	IE3	IE3	80,8	81,1	79,3	0,78	1,26	2,1	5,9	3,1	53	64	1LE1003-0DB2	■-■■■■	11	0,0021	16
0,75	0,86	80 M	1450	4,9	IE3	IE3	82,5	82,3	79,9	0,75	1,75	2,7	7,1	3,9	53	64	1LE1003-0DB3	■-■■■■	14	0,0029	16
1,1	1,27	90 S	1440	7,3	IE3	IE3	84,1	84,7	83,4	0,78	2,4	2,9	6,9	3,6	56	68	1LE1003-0EB0	■-■■■■	16	0,0036	16
1,5	1,75	90 L	1445	10	IE3	IE3	85,3	85,9	84,9	0,8	3,15	2,7	7,2	3,6	56	68	1LE1003-0EB4	■-■■■■	19	0,0049	16
2,2	2,55	100 L	1465	14,3	IE3	IE2	86,7	87,3	86,4	0,83	4,4	2,1	7,6	3,6	60	72	1LE1003-1AB4	■-■■■■	30	0,014	16
3	3,45	100 L	1460	20	IE3	IE3	87,7	88,4	88,2	0,83	5,9	2,3	7,3	3,7	60	72	1LE1003-1AB5	■-■■■■	30	0,014	16
4	4,55	112 M	1460	26	IE3	IE3	88,6	89,2	88,6	0,82	7,9	2,4	7,1	3,7	58	70	1LE1003-1BB2	■-■■■■	34	0,017	16
5,5	6,3	132 S	1470	36	IE3	IE2	89,6	90,1	89,5	0,84	10,5	2,1	7,2	3,4	64	76	1LE1003-1CB0	■-■■■■	64	0,046	16
7,5	8,6	132 M	1470	49	IE3	IE2	90,4	91,1	90,8	0,84	14,3	2,4	7,4	3,5	64	76	1LE1003-1CB2	■-■■■■	64	0,046	16
11	12,6	160 M	1475	71	IE3	IE3	91,4	91,9	91,4	0,84	20,5	2,2	6,8	3,2	65	77	1LE1003-1DB2	■-■■■■	83	0,083	16
15	17,3	160 L	1475	97	IE3	IE3	92,1	92,3	91,5	0,82	28,5	2,5	8,5	3,8	65	77	1LE1003-1DB4	■-■■■■	100	0,099	16
18,5	21,3	180 M	1470	120	IE3	IE3	92,6	93,1	92,9	0,82	35	2,5	7,2	3,3	66	73	1LE1003-1EB2	■-■■■■	134	0,13	16
22	25,3	180 L	1470	143	IE3	IE3	93	93,7	93,6	0,83	41	2,3	6,8	3,3	68	75	1LE1003-1EB4	■-■■■■	142	0,14	16
30	34,5	200 L	1470	195	IE3	IE2	93,6	94	93,7	0,84	55	2,6	7,3	3,1	65	72	1LE1003-2AB5	■-■■■■	189	0,22	16

Obrázek 22 Výřez z katalogu motorů Simotics [14]

Z katalogu motorů Simotics od firmy Siemens volím motor 1LE1003-0EB4 [14].

- $n_N = 1440 \text{ min}^{-1}$
- $M_N = 10 \text{ Nm}$
- $P_N = 1,5 \text{ kW}$

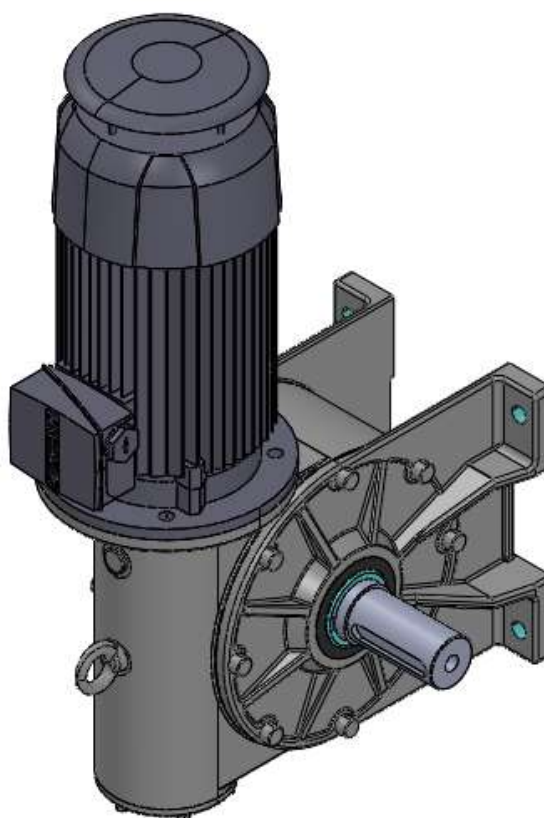
Z katalogu šnekových převodovek typu MRT-A od firmy TOS Znojmo volím převodovku RT 120A 50 A B6 [15]. Z příslušenství k této převodovce se ještě objedná jednostranná hřídel. Převodovka má převodový poměr 50.

Otáčky motoru půjde upravit pomocí frekvenčního měniče Sinamics V20 od firmy Siemens [16]. Technické parametry:

- Vstupní napětí – 230 V
- Výstupní výkon – 1,5 kW
- Rozsah frekvencí – 0 – 599 Hz



Obrázek 23 Frekvenční měnič Sinamics V20 FSB [16]

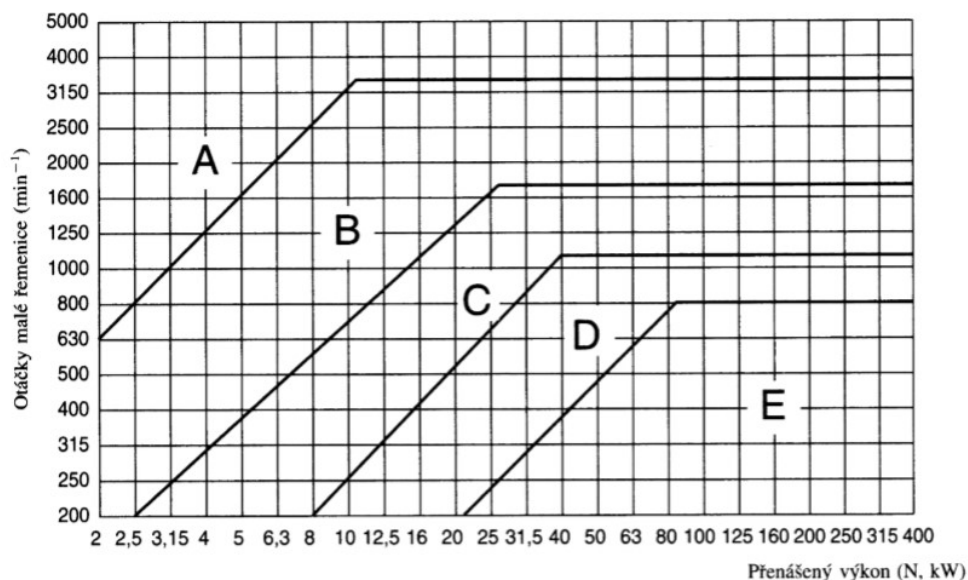


Obrázek 24 Šneková převodovka s motorem

3.3 Řemenový převod

Výpočet řemenového převodu je veden podle knih Stavba a provoz strojů II – Převody od R. Kříž a spol [17] a Strojnických tabulek [18].

Podle zadaného přenášeného výkonu volíme z diagramu průřez řemene A, B, C, D nebo E. Průřez řemenů Z lze použít do 2 kW přenášeného výkonu.



Obrázek 25 Diagram pro určení průřezu řemene [18]

- Z diagramu jsem určil, že řemen bude průřezu Z.
- Průměr menší řemenice d_1 jsem zvolil 250 mm.
- Dále jsem dopočítal průměr větší řemenice d_2 . Převodový poměr i_f chci, aby byl kolem 1,1.

$$d_2 = i_f * d_1 = 1,1 * 250 = 275 \text{ mm} \quad (13)$$

- Průměr větší řemenice d_2 tedy zvolím 280 mm
- Dále je potřeba spočítat osová vzdálenost řemenic A, úhel opásání α a potřebná délka řemene L_p .

$$A_{teor} = 1,1 * (d_1 + d_2) = 1,1 * (250 + 280) = 580 \text{ mm} \quad (14)$$

$$\alpha = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2 * A_{teor}} \right) = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{280 - 250}{2 * 580} \right) = 177,05^\circ \quad (15)$$

$$\gamma = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} = 90^\circ - \frac{177,05}{2} = 88,46^\circ \quad (16)$$

$$L_{p-teor} = 2 * A_{teor} * \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi * (d_1 + d_2)}{2} + \frac{\pi * \gamma * (d_2 - d_1)}{180} = 2044 \text{ mm} \quad (17)$$

- Délku řemene zvolím 2240 mm.
- Dopočítám skutečnou vzdálenost os řemenic A.

$$A = \frac{L_{p-teor} - \frac{\pi * (d_1 + d_2)}{2} - \frac{\pi * \gamma * (d_2 - d_1)}{180}}{2 * \sin \frac{\alpha}{2}} = 680,81 \text{ mm} \quad (18)$$

- Dále spočítám výkon přenášený jedním řemenem. Parametry volím podle tabulek v [18].

$$N_p = N_o * \frac{C_\alpha * C_L}{C_p} = 0,4 * \frac{0,98 * 1,28}{1,5} = 0,335 \text{ kW} \quad (19)$$

- Nakonec spočítám, kolik je potřeba řemenů pro přenos výkonu.

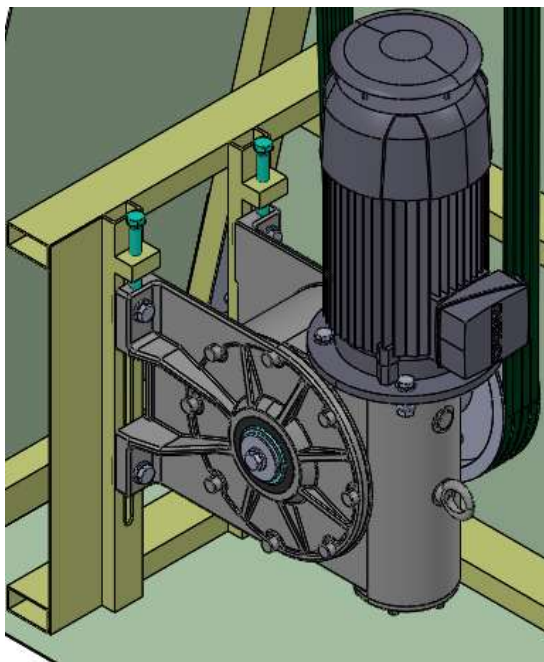
$$K = \frac{\eta_s * P_N}{N_p * C_k} = \frac{0,72 * 1,5}{0,335 * 0,9} = 3,56 \quad (20)$$

- Pro přenos výkonu jsou potřeba 4 řemeny.

Bude tedy potřeba koupit tyto součásti například u firmy TYMA CZ, s.r.o

- 4x řemen 10 x 2240 Li Z88
- 1x menší řemenice SPZ0250-04 2517
- 1x větší řemenice SPZ0280-04 2517
- 2x pouzdro Taper 2517 – slouží k upevnění řemenice na hřídel a zajišťuje ji axiálně i radiálně

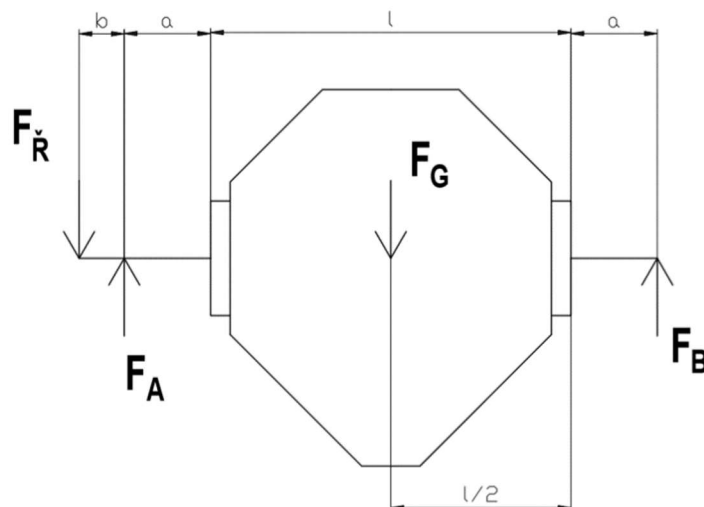
Napnutí řemenu bude dosaženo pomocí posunu převodovky s motorem po kolejničích.



Obrázek 26 Kolejnice pro napnutí řemene

3.4 Hřídele

3.4.1 Uvolnění a výpočet sil působících v ložiskách



Obrázek 27 Úplné uvolnění

- $l = 1140 \text{ mm}$ – rozměr nádoby
- $a = 85 \text{ mm}$ – vzdálenost ložiska A a B od nádoby
- $b = 75 \text{ mm}$ – vzdálenost řemenice od ložiska A
- F_A a F_B jsou síly působící v ložiskách
- F_G je tíhová síla, která působí na nádobu s náplní

$$F_G = g * m = 9,81 * 281 = 2,76 \text{ kN} \quad (21)$$

- F_R je síla, kterou působí řemen na hřídel

$$F_R = 2 * \frac{P_N * \eta_s}{\pi * d_1 * \frac{n_N}{i_s}} = 2 * \frac{1500 * 0,72}{\pi * 0,25 * \frac{1400}{50 * 60}} = 5,49 \text{ kN} \quad (22)$$

- Rovnice statické rovnováhy

$$\sum F = 0; F_A + F_B - F_R - F_G = 0 \quad (23)$$

$$\sum M_B = 0; F_R(2a + b + l) + F_G \left(a + \frac{l}{2} \right) - F_A(2a + l) = 0 \quad (24)$$

- Z rovnic statické rovnováhy zjistíme velikost sil F_A a F_B .

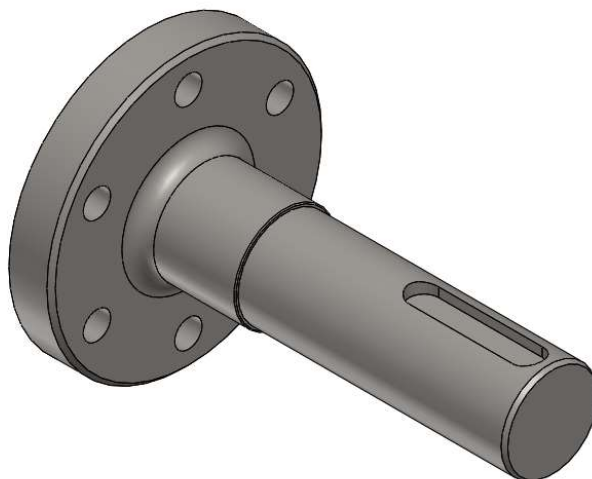
$$F_A = 7,18 \text{ kN} \quad F_B = 1,09 \text{ kN} \quad (25)$$

3.4.2 Návrh hřídele a její kontrola vůči meznímu stavům

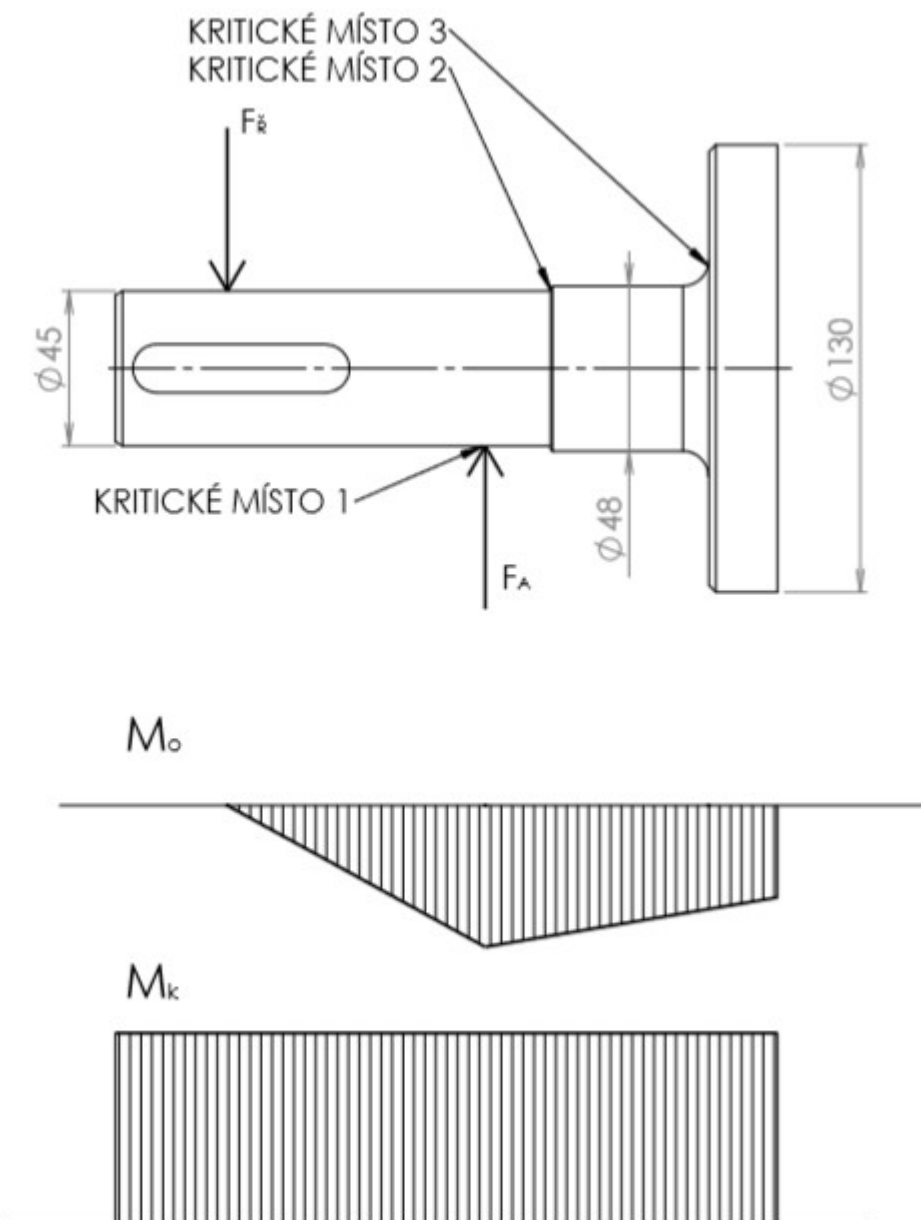
Výpočet bude veden podle knihy Konstruování strojních součástí [19].

Postačí zkontrolovat pouze hřídel, na které je upevněna řemenice, jelikož je nejvíce namáhána. Druhá hřídel bude poté mít stejný průměr, aby mohly být použity stejné ložiskové jednotky pro jejich uložení. Hřídele budou vyrobeny z korozi-vzdorné oceli 1.4301.

Hřídele budou upevněny k nádobě pomocí 6 šroubů se závitem M12.



Obrázek 28 Hřídel nesoucí řemenici



Obrázek 29 Kritická místa na hřídeli a VVÚ

Kontrola vůči meznímu stavu pružnosti

Výpočty jsem zjistil, že největší napětí bude v kritickém bodě 2. Uvedu jen výpočet napětí v tomto místě.

- Výpočet ohybového napětí v kritickém místě

$$\begin{aligned}
 M_o &= F_R * (b + x) + F_A * x = 5490 * (0,075 + 0,019) + 7184 * 0,019 \\
 &= -379,65 \text{ Nm}
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

- Výpočet krouticího momentu

$$M_k = M_N * i_\xi * i_R = 10 * 50 * 1,1 = 550 \text{ Nm}
 \tag{27}$$

- Výpočet napětí v ohybu σ_o v kritickém místě

$$\sigma_o = \frac{32 * M_o}{\pi * d_{hřidel}^3} = \frac{32 * (-379,65)}{\pi * 0,045^3} = -42,44 \text{ MPa} \quad (28)$$

- Výpočet smykového napětí v krutu τ_k v kritickém místě

$$\tau_k = \frac{16 * M_k}{\pi * d_{hřidel}^3} = \frac{16 * 550}{\pi * 0,045^3} = 30,74 \text{ MPa} \quad (29)$$

- Jelikož je v kritickém místě osazení je potřeba určit součinitelé tvarů α a α_τ

$$\sigma_{omax} = \alpha * \sigma_o = 1,8 * (-42,5) = -76,39 \text{ MPa} \quad (30)$$

$$\tau_{kmax} = \alpha_\tau * \tau_k = 1,4 * 30,74 = 43,04 \text{ MPa} \quad (31)$$

- Výpočet redukovaného napětí

$$\sigma_{red} = \sqrt{4 * \tau_{kmax}^2 + \sigma_{omax}^2} = \sqrt{4 * 43,04^2 + (-76,5)^2} = 115,08 \text{ MPa} \quad (32)$$

- Určení součinitele bezpečnosti vůči meznímu stavu pružnosti k_p

$$k_p = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{260}{115,08} = 2,26 \quad (33)$$

Kontrola vůči meznímu stavu únavy

- Určení součinitelů vrubů β a β_τ podle Neuberovy rovnice

$$\beta = \frac{\alpha}{1 + \frac{2(\alpha - 1)}{\alpha} \frac{\sqrt{139}}{\sqrt{r}}} = \frac{1,8}{1 + \frac{2(1,8 - 1)}{1,8} \frac{\sqrt{139}}{\sqrt{2}}} = 1,55 \quad (34)$$

$$\beta_\tau = \frac{\alpha_\tau}{1 + \frac{2(\alpha_\tau - 1)}{\alpha_\tau} \frac{\sqrt{139}}{\sqrt{r}}} = \frac{1,4}{1 + \frac{2(1,4 - 1)}{1,4} \frac{\sqrt{139}}{\sqrt{2}}} = 1,27 \quad (35)$$

- Určení parametrů proměnlivého namáhání

$$\sigma_{anom\beta} = \beta * \sigma_{anom} = 1,55 * 42,45 = 65,75 \text{ MPa} \quad (36)$$

$$\sigma_{mnom\beta} = \beta * \sigma_{mnom} = 1,55 * 0 = 0 \text{ MPa} \quad (37)$$

$$\tau_{anom\beta} = \beta_{\tau} * \tau_{anom} = 1,27 * 6,93 = 8,79 \text{ MPa} \quad (38)$$

$$\tau_{mnom\beta} = \beta_{\tau} * \tau_{mnom} = 1,27 * 23,81 = 30,19 \text{ MPa} \quad (39)$$

- Určení redukovaných napětí

$$\sigma_{mred} = \sqrt{4 * \tau_{mnom\beta}^2 + \sigma_{mnom\beta}^2} = \sqrt{4 * 30,19^2 + 0^2} = 60,38 \text{ MPa} \quad (40)$$

$$\sigma_{ared} = \sqrt{4 * \tau_{anom\beta}^2 + \sigma_{anom\beta}^2} = \sqrt{4 * 8,79^2 + 65,84^2} = 68,06 \text{ MPa} \quad (41)$$

- Faktory ovlivňující mez únavy

- Součinitel vlivu jakosti povrchu k_a

$$k_a = a * R_m^b = 4,51 * 540^{-0,265} = 0,851 \quad (42)$$

- Součinitel vlivu velikosti tělesa k_b

$$k_b = 1,24 * d_{hřídle}^{-0,107} = 1,24 * 45^{-0,107} = 0,825 \quad (43)$$

- Součinitel vlivu způsobu zatěžování k_c

$$k_c = 1 \quad (44)$$

- Součinitel vlivu teploty k_d

$$k_d = 1 \quad (45)$$

- Součinitel spolehlivosti k_e

$$k_e = 0,814 \quad (46)$$

- Součinitel k_f zahrnující další vlivy

$$k_f = 1 \quad (47)$$

- Určení korigované meze únavy σ_c

$$\sigma_c = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * 0,504 * R_m = 155,62 \text{ MPa} \quad (48)$$

- Určení součinitele bezpečnosti vůči meznímu stavu únavy k_u pomocí Goodmanova kritéria porušení

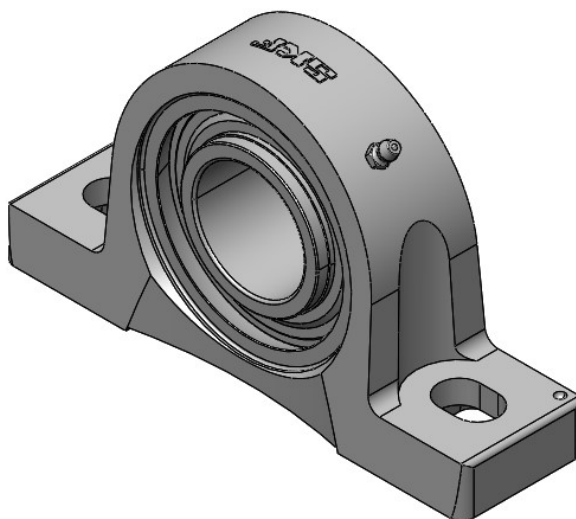
$$k_u = \frac{1}{\frac{\sigma_{ared}}{\sigma_c} + \frac{\sigma_{mred}}{R_m}} = \frac{1}{\frac{68,15}{155,62} + \frac{60,38}{540}} = 1,82 \quad (49)$$

3.5 Ložiska

Hřídele budou uloženy v ložiskové jednotce, která pak bude uchycena k rámu stroje. Ložisková jednotka SYJ 45 TF byla vybrána z katalogu SKF [20]. Skládá se z tělesa SYJ 509 a ložiska YAR 209-2F. Ložiska řady Y jsou jednořadá ložiska s kulovým vnějším povrchem a rozšířeným vnějším kroužkem. Ložiskové těleso má díru s odpovídajícím vydutým povrchem a je vyrobeno z litiny. Tyto ložiskové jednotky nedovolují axiální posunutí. Jsou zajištěny na hřídeli pomocí stavěcích šroubů, které umožňují snadnou montáž a demontáž. Ložisko má dynamickou únosnost C_d 33,2 kN.

Výpočet trvanlivosti ložiska L_D

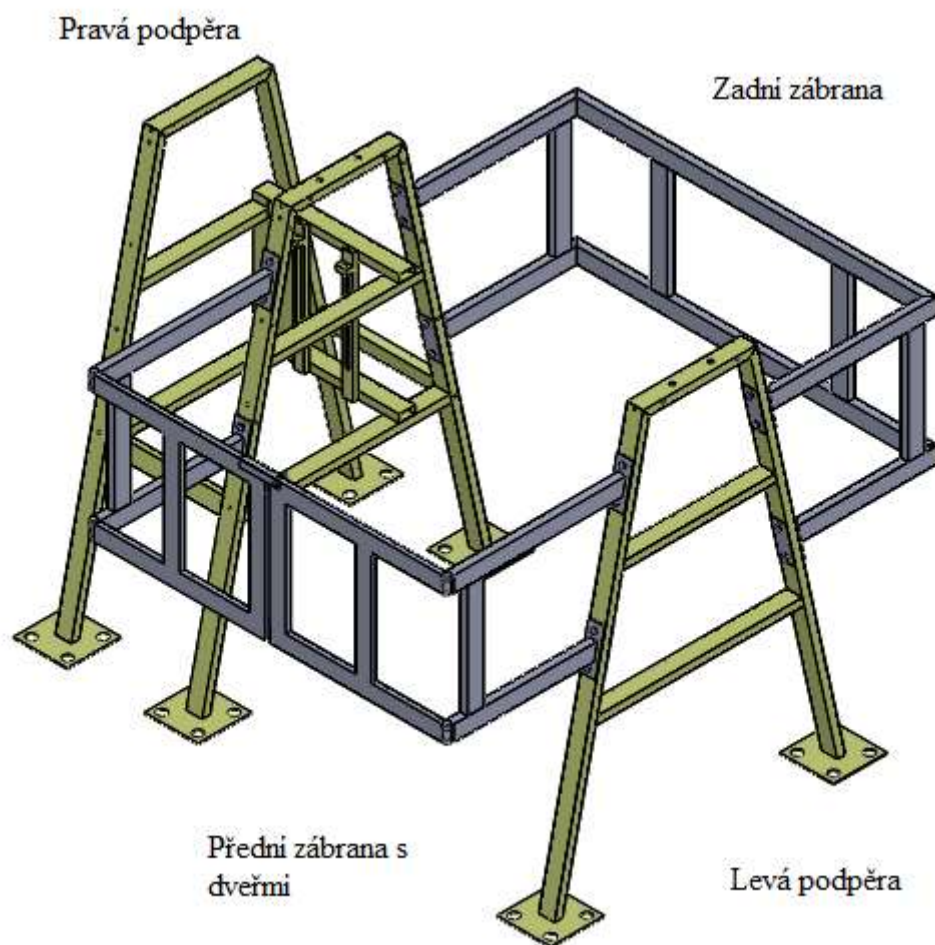
$$L_D = \left(\frac{C}{F_A}\right)^a * \frac{L_{10}}{\frac{n_N}{i_\xi * i_R}} = \left(\frac{33200}{7184}\right)^3 * \frac{10^6}{\frac{1440}{1,1 * 50 * 60}} = 62840 \text{ h} \quad (50)$$



Obrázek 30 Ložisková jednotka SYJ 45 TF

3.6 Rám

Rám se skládá ze 4 částí. Levá podpěra slouží pouze k přišroubování ložiskové jednotky. Uvnitř pravé podpěry je umístěna převodovka s motorem, která je přišroubována k napínacím kolejnicím. Podpěry jsou spojeny pomocí zadní zábrany, která je k nim přišroubovaná a slouží k zabránění přiblížení lidí k otáčející se nádobě. K přístupu k nádobě slouží dveře, jenž jsou zepředu stroje. Dveře jsou zajištěny proti otevření pomocí západky. V podpěrách jsou vloženy nýtovací matice, které slouží k přišroubování krytu. Jednotlivé části jsou svařené z jeklu o rozměrech 60 mm x 30 mm a tloušťce 3 mm z korozi-vzdorné oceli 1.4301.



Obrázek 31 Rám stroje

3.7 Ovládání

Stroj bude řízen pomocí PLC LOGO! 12/24 CEO od firmy Siemens [21]. K němu bude připojen frekvenční měnič a indukční snímač IMF30-15BPSNC0S od firmy Sick [22]. Jeho jmenovitá spínací vzdálenost je 15 mm. Indukční snímač zajišťuje to, aby při zastavení stroje se nádoba dotočila vždy tak, aby byla výsypka dole. Operátor bude moci také nastavit, po jakou dobu se má nádoba otáčet a její otáčky. K ovládání bude určen ovládací panel SIMATIC HMI KP300 od firmy Siemens [23].



Obrázek 32 řídicí modul PLC LOGO! 12/24 CEO [21]

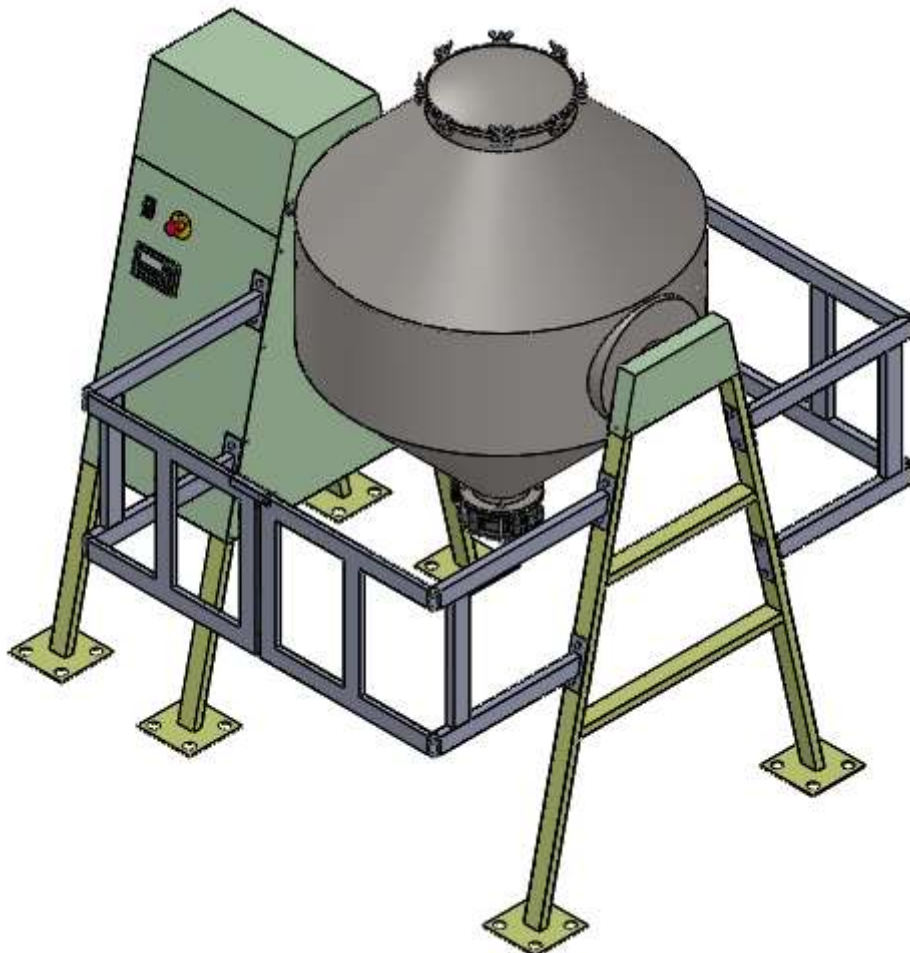


Obrázek 33 Ovládací panel SIMATIC HMI KP300 [23]

3.8 Montáž

Montáž stroje bude probíhat u zákazníka. Mísič bude ukotven k betonovému podkladu pomocí chemických kotev. Sestaví se rám a upevní se k zemi. Poté se k nádobě přišroubují hřídele, nasadí se ložiskové jednotky a pomocí šroubů se upevní k rámu. Motor s převodovkou se namontuje k napínacím kolejnicím a na hřídele se usadí řemenice, nasadí řemeny a dojde k jejich napnutí. Nakonec se stroj zakrytuje.

4 ZÁVĚR



Obrázek 34 Dvoukuželový mísič

V této práci byl navrhnout dvoukuželový mísič pro mísení materiálu o maximální hmotnosti 150 kg. Mísicí nádobu o objemu 720 l je možné plnit do 60 % z jejího objemu. Nádobu je vyrobena z korozivzdorné oceli 1.4401. V nádobě jsem dvě lopatky, jejichž účelem je zlepšení promísení materiálu. Vysýpaní nádoby je zajištěno pomocí motýlové klapky V2FS150 AI dodávanou firmo HAS. Nádobu je připojena ke každé hřídeli pomocí 6 šroubů na každé straně se závitem M12. Hřídele jsou uloženy v ložiskových jednotkách SYJ 45 TF, která jsou pomocí šroubů připojena k rámu. Na levé hřídeli je také pomocí pouzdra Taper uchycena řemenice. Hřídele jsou vyrobeny z korozivzdorné oceli 1.4301.

Stroj je poháněn pomocí motoru Simotics 1LE1003-0EB4 od firmy Siemens. Motor má jmenovitý výkon 1,5 kW, jmenovité otáčky 1140 min^{-1} a jmenovitý kroutící moment 10 Nm. Jeho otáčky lze regulovat pomocí frekvenčního měniče Sinamics V20 FSB. Motor je připojen

ke šnekové převodovce o převodovém poměru 50 vyráběné firmou TOS Znojmo. Šneková převodovka byla zvolena proto, abych dosáhl menších celkových rozměrů stroje. Mezi šnekovou převodovkou a hnanou hřídelí je ještě převod pomocí klínových řemenů. Rozměr malé řemenice je 250 mm a velké 280 mm. Na řemenicích jsou nasazeny 4 klínové řemeny o průřezu typu Z. Převodový poměr je 1,1. Účelem tohoto převodu je zachycovat a tlumit rázy, které vznikají přesýpáním materiálu v nádobě. Řemeny se napínají pomocí posunu převodovky s motorem.

Rám stroje je vytvořen svařením jeleků o rozměrech 60 mm x 30 mm a tloušťce 3 mm z korozivzdorné oceli 1.4301. Aby nedošlo kontaktu člověka s nádobou je rám doplněn o přední a zadní zábranu. Přední zábrana je doplněna o dvířka. Do rámu jsou vloženy nýťovací matice se závitem M4. Tyto matice slouží k upevnění krytu stroje. Kryt stroje se skládá 7 dílů, které jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 2 mm.

Stroj je doplněn o řídicí modul PLC LOGO! 12/24 CEO od firmy Siemens a ovládací panel SIMATIC HMI KP300. Na panelu půjde nastavit otáčky stroje a doba mísení. Dále bude PLC zajišťovat, aby při zastavení stroje vždy dojel do pozice, kdy bude výsypka dole. K určení správné polohy mu bude sloužit indukční sensor IMF30-15BPSNC0S od firmy Sick. Jeho spínací vzdálenost je 15 mm.

Celkové rozměry stroje jsou 2000 mm x 430 mm x 1830 mm. Materiály byly voleny tak, aby mohl být použit v potravinářském, chemickém či farmaceutickém průmyslu.

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MEDEK, Jaroslav. *Mechanické pochody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: PC-DIR Real, 1998, 217 s. : il. ISBN 80-214-1264-X.
- [2] STREK, Fryderyk, Jiří VLČEK, Jiří KRÁTKÝ a Ivan FOŘT. *Míchání a míchací zařízení: určeno [také] posl. vys. škol chemickotechnologických a chem. i potravn. specializací strojních fakult*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1977, 383 s.
- [3] SMĚŠOVÁNÍ TUHÝCH MATERIÁLŮ [online]. b.r. [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: http://fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/pt3/8%20SmesovaniTuhychMaterialu.pdf
- [4] Homogenizátory. In: *Kovymont.sk* [online]. b.r. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://kovymont.sk/produkty/homogenizatory/>
- [5] CULLEN, P.J, ed., Rodolfo J. ROMAÑACH, ed. a Nicolas ABATZAGLOU, ed. *Pharmaceutical Blending and Mixing* [online]. John Wiley & Sons, Incorporated, 2015 [cit. 2019-04-06]. ISBN 9781118682807.
- [6] Double cone blender. In: *SAAN Engineers* [online]. b.r. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://saanengineers.com/our-machines-final/machines/double-cone-blender/>
- [7] Double Cone Blender. In: *Incmachine* [online]. b.r. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.incmachine.com/products/double-cone-blender/>
- [8] Gemco 200 CF Slant Cone Blender. In: *Post Material Handling* [online]. b.r. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://www.posthoist.com/gemco-200-cf-slant-cone-blender>
- [9] Vee Blender. In: *SAAN Engineers* [online]. b.r. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://saanengineers.com/gineers.com/our-machines-final/machines/vee-blender/>
- [10] Patterson Kelley Zig-zag-powder mixer. In: *SECONDHAND-EQUIPMENT.COM* [online]. b.r. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.secondhand-equipment.com/products/zig-zag-powder-mixer>
- [11] BSR ribbon mixer. In: *BrightSail* [online]. b.r. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://www.brsmill.com/78b147bf-114c-1a91-5039-941d4af2c97a/f72dc71e-074a-5218-d1f4-69c5bc173cf4.shtml>

- [12] Multiflux® batch mixer. *Gericke* [online]. b.r. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.gerickegroup.com/en/products/mixing/multifluxR-batch-mixer/>
- [13] *Motýlové klapky VFS* [online]. HAS.cz, b.r., , 4 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://www.has.cz/storage/app/media/uzavirani-toku-sypkych-materialu/prospekt-vfs_prospekt.pdf
- [14] *Katalog motorů Simotics* [online]. Siemens, b.r., , 250 [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/technika_pohonu/motory/nizkonapetove_standardni_motory/D81_1-2016_cz.pdf
- [15] *Katalog MRT-A* [online]. TOS Znojmo, b.r., , 76 [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://d2.tos-znojmo.cz/wp-content/uploads/2017/06/Katalog-MRT-A.pdf>
- [16] Frekvenční měnič Siemens FSB. *Conrad* [online]. b.r. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/frekvencni-menic-siemens-fsb-1-5-kw-1fazovy-230-v.k1004937>
- [17] KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů II - Převody*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1978. Řada strojírenské literatury.
- [18] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [19] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE, Richard G. (Richard Gordon) BUDYNAS, Martin HARTL a Miloš VLK. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. V Brně: VUTUM, 2010, xxv, 1159 s. : il. ; 26 cm. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [20] Stojaté ložiskové jednotky Y. *SKF* [online]. b.r. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-plummer-block-units/Y-bearing-plummer-block-units/index.html?designation=SYJ%2045%20TF&unit=metricUnit>
- [21] Siemens LOGO! 12/24 CEO 6ED1052-2MD08-0BA0. *Conrad* [online]. b.r. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://bit.ly/2WfChkD>
- [22] Indukční snímače IMF. *SICK* [online]. b.r. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://bit.ly/2VTiOa7>
- [23] Displej pro PLC Siemens. *Conrad* [online]. b.r. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://bit.ly/2EI71pY>

- [24] Paddle mixers. In: *Indiamart* [online]. b.r. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/paddle-mixers-7480562188.html>
- [25] Octagonal Blender. In: *SAAN ENGINEERS* [online]. b.r. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <http://saanengineers.com/our-machines-final/machines/octagonal-blender/>

6 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Bubnový mísič.....	17
Obrázek 2 Bubnový mísič s odnímatelným bubnem vyráběný firmou Kovymont [4]	18
Obrázek 3 Schéma dvoukuželového mísiče [7]	19
Obrázek 4 Dvoukuželový homogenizátor vyráběný firmou SAAN Engineers [6]	20
Obrázek 5 Dvoukuželový mísič s vyosenými kužely [8].....	20
Obrázek 6 Mísič typu V od firmy SAAN Engineers [9].....	21
Obrázek 7 Kontinuální mísič typu V [10].....	21
Obrázek 8 Frekvenční mísič vyráběný firmou Kovymont [4]	22
Obrázek 9 Mísič s oktagonální nádobou vyráběný firmou SAAN Engineers [25].....	22
Obrázek 10 Schéma pásového mísiče [11]	23
Obrázek 11 Pásový mísič dodávaný firmou BrightSail [11]	24
Obrázek 12 Lopatkový mísič [24].....	24
Obrázek 13 Radlicový mísič [5]	25
Obrázek 14 Řez mísičem Nautamix a znázornění pohybu částic v vsadce	26
Obrázek 15 Fluidní mísič od firmy Gericke [12].....	27
Obrázek 16 Schéma nádoby	29
Obrázek 17 Nádoba mísiče	30
Obrázek 18 Řez nádobou	31
Obrázek 19 Viko nádoby	31
Obrázek 20 Motýlová klapka	32
Obrázek 21 Tabulka provozních součinitelů [15].....	33
Obrázek 22 Výřez z katalogu motorů Simotics [14].....	34
Obrázek 23 Frekvenční měnič Sinamics V20 FSB [16]	35
Obrázek 24 Šneková převodovka s motorem.....	35
Obrázek 25 Diagram pro určení průřezu řemene [18]	36
Obrázek 26 Kolejnice pro napnutí řemene.....	38
Obrázek 27 Úplné uvolnění	39
Obrázek 28 Hřídel nesoucí řemenici.....	40
Obrázek 29 Kritická místa na hřídeli a VVÚ.....	41
Obrázek 30 Ložisková jednotka SYJ 45 TF	44
Obrázek 31 Rám stroje.....	45
Obrázek 32 řídicí modul PLC LOGO! 12/24 CEO [21]	46
Obrázek 33 Ovládací panel SIMATIC HMI KP300 [23]	46
Obrázek 34 Dvoukuželový mísič	47

7 SEZNAM PŘÍLOH

- CD s modelem ve formátu STEP
- Výkres sestavy
- Kusovník

